

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-017578

(43)Date of publication of application : 17.01.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/8234

H01L 21/265

H01L 27/088

H01L 29/78

(21)Application number : 2001-198594

(71)Applicant : FUJITSU LTD
FUJITSU VLSI LTD

(22)Date of filing : 29.06.2001

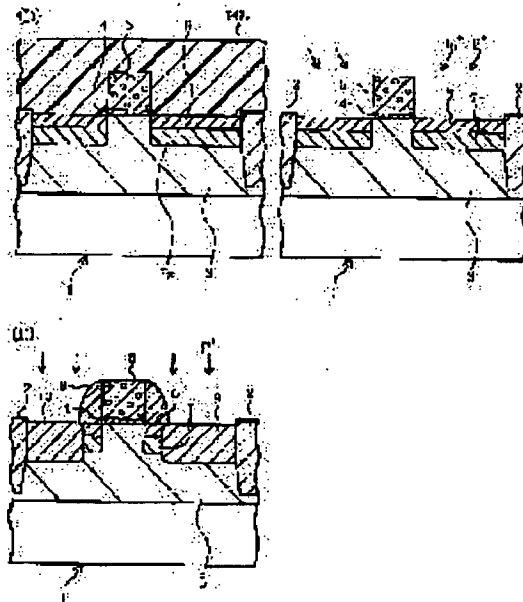
(72)Inventor : WADA HAJIME
OKABE KENICHI
WATANABE KO

(54) SEMICONDUCTOR DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor device capable of forming a pocket area by using indium and decreasing the increase of leak current by ion injection of indium.

SOLUTION: The semiconductor device has first and second active areas demarcated on the main surface of a silicon substrate, a first n channel MOS transistor formed on the first active area having a first extension area and a first pocket area adding the indium of first concentration at a position deeper than the first extension area, and a second n channel MOS transistor formed on the second active area having a second extension area and a second pocket area adding the indium of second concentration lower than the first concentration at another position deeper than the second extension area. Furthermore, boron may be ion-injected in the second pocket area.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許公開番号

特開2003-17578A

(P2003-17578A)

(43) 公開日 平成15年1月17日 (2003.1.17)

(5) Int. Cl.	識別記号	F I	テロト (参考)
H01L 21/8234		H01L 21/255	604V 5F048
21/255	604	27/08	102B 5F140
27/088		28/78	301S
28/78			

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全12頁)

(21) 出願番号	特開2001-198594 (P2001-198594)	(71) 出願人	00005223 富士通株式会社
(22) 出願日	平成13年6月28日 (2001.6.28)		富士通株式会社 愛知県春日井市高蔵寺町2丁目184番2 1号
		(71) 出願人	000227617 富士通ワイエルエスアイ株式会社
		(72) 発明者	和田 一 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 1号 富士通株式会社内
		(74) 代理人	100091340 弁理士 高橋 敏四郎

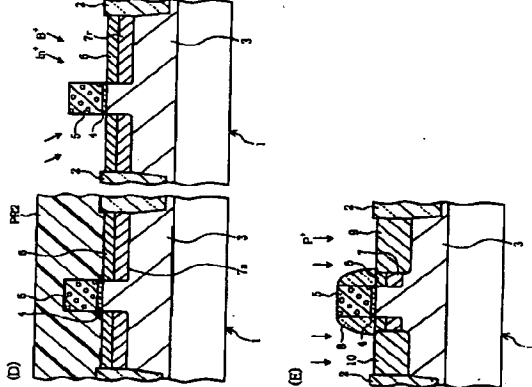
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置とその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 インジウムを用いてポケット領域を形成し、かつインジウムのイオン注入によるリーク電流の増加を低減することのできる半導体装置を提供する。

【解決手段】 半導体装置は、シリコン基板の主表面上に形成された第1、第2活性領域と、第1の活性領域上に形成された第1のエキステンション領域と、第1の活性領域より深い位置で第1の濃度のインジウムを添加した第1のポケット領域とを有する第1のnチャネルMOSトランジスタとを有する。さらに、第2の活性領域上に形成された第2のエキステンション領域と、第2の活性領域より深い位置で第2の濃度のインジウムを添加した第2のポケット領域とを有する第2のnチャネルMOSトランジスタとを有する。さらに、第2のポケット領域にボロンをイオン注入してもよい。



(2)

特開平15-017578

【特許請求の範囲】

【請求項1】 主表面を有するシリコン基板と、

前記シリコン基板の主表面上に形成された素子分離領域に

よって画定された第1、第2活性領域と、

前記第1の活性領域上に形成され、ゲート絶縁膜を備え

た第1の絶縁ゲートと、

前記第1の絶縁ゲート両側の第1の活性領域に形成され

た第1のエキステンション領域と、前記第1の絶縁ゲー

トに整列して前記第1のエキステンション領域より深い

位置で前記第1の活性領域内に形成され、第1の濃度の

インジウムを添加した第1のポケット領域とを有する第

1のnチャネルMOSトランジスタと、

前記第2の活性領域上に形成され、ゲート絶縁膜を備え

た第2の絶縁ゲートと、

前記第2の絶縁ゲート両側の第2の活性領域に形成され

た第2のエキステンション領域と、前記第2の絶縁ゲー

トに整列して前記第2のエキステンション領域より深い

位置で前記第2の活性領域内に形成され、前記第1の濃

度より低濃度の第2の濃度のインジウムを添加した第2

のポケット領域とを有する第2のnチャネルMOSトラ

ンジスタとを有する半導体装置。

【請求項2】 前記第2のポケット領域がさらにボロン

をドープされている請求項1記載の半導体装置。

【請求項3】 前記第2のnチャネルMOSトランジス

タは、前記第1のnチャネルMOSトランジスタよりも

狭いゲート幅を有する請求項1または2記載の半導体装

置。

【請求項4】 さらに、前記素子分離領域によって画定

された第3の活性領域と、前記第3の活性領域上に形成

され、前記第1および第2の絶縁ゲートのゲート絶縁膜

よりも厚いゲート絶縁膜を有する第3の絶縁ゲートと、

前記第3の絶縁ゲート両側の第3の活性領域に形成さ

れ、ポケット領域を伴わない第3のエキステンション領

域とを有する第3のnチャネルMOSトランジスタと、

を有する半導体装置。

【請求項5】 主表面を有するシリコン基板と、

前記シリコン基板の主表面上に形成された素子分離領域に

よって画定された第1、第2活性領域と、

前記第1の活性領域上に形成され、ゲート絶縁膜を備え

た第1の絶縁ゲートと、前記第1の絶縁ゲートの両側

上に形成された第1の側壁スペーサと、前記第1の絶縁

ゲート両側の第1の活性領域に形成された第1のエキス

テンション領域と、前記第1の絶縁ゲートに整列して前

記第1のエキステンション領域より深い位置で前記第1

の活性領域内に形成され、第1の濃度のインジウムを添

加した第1のポケット領域とを有し、前記第1の側壁ス

ペーサ下方にアモルファス相の領域を含む第1のnチャ

ネルMOSトランジスタと、

前記第2の活性領域上に形成され、ゲート絶縁膜を備え

た第2の絶縁ゲートと、前記第2の絶縁ゲートの両側

上に形成された第2の側壁スペーサと、前記第2の絶縁

ゲート両側の第2の活性領域に形成された第2のエキス

テンション領域と、前記第2の絶縁ゲートに整列して前

記第2のエキステンション領域より深い位置で前記第2

の活性領域内に形成され、前記第1の濃度より低濃度の

第2の濃度のインジウムを添加した第2のポケット領域

とを有し、前記第2の側壁スペーサ下方は前記第1の側

壁スペーサ下方よりアモルファス相の領域が少ない、第2

のnチャネルMOSトランジスタと、を有する半導体装

置。

【請求項6】 (a) 主表面を有するシリコン基板に第

1の活性領域を形成し、第1、第2の活性領域を画定す

る工程と、

(b) 第1、第2の活性領域上にゲート絶縁膜を形成す

る工程と、

(c) 前記ゲート絶縁膜上に導電性ゲート電極層を形成

する工程と、

(d) 前記ゲート電極層、ゲート絶縁膜をパターンニング

して第1の活性領域上に第1の絶縁ゲート、第2の活性

領域上に第2の絶縁ゲートを形成する工程と、

(e) 前記第1、第2の活性領域にn型不純物を第1の

深さでイオン注入し、第1、第2の絶縁ゲート両側に第

1、第2のエキステンション領域を形成する工程と、

(f) 前記第2の活性領域をマスクして、前記第1の活

性領域にインジウムを第1のドーパ量で第1の深さより

深い第2の深さでイオン注入する工程と、

(g) 前記第1の活性領域をマスクして、前記第2の活

性領域にインジウムを第1のドーパ量より低い第2のド

ーパ量で前記第1の深さより深い第3の深さでイオン注

入する工程とを含む半導体装置の製造方法。

【請求項7】 さらに、

(h) 前記第1の活性領域をマスクして、前記第2の活

性領域にボロンを第1の深さより深い第4の深さでイオ

ン注入する工程、を含む請求項6記載の半導体装置の製

造方法。

【請求項8】 さらに、

(i) 前記第1、第2の絶縁ゲート両側に側壁スペー

サを形成する工程と、

(j) 前記側壁スペーサ外側で前記第1、第2の活性領

域へn型不純物をイオン注入する工程と、

(k) 前記第1、第2の活性領域に光を照射し、不純物

を活性化する工程と、を含む請求項6または7記載の半

導体装置の製造方法。

【請求項9】 前記工程 (a) が、さらに第3の活性領

域を画定し、さらに、

(l) 前記第3の活性領域上に前記ゲート絶縁膜より厚

い厚膜ゲート絶縁膜を形成する工程を含み、前記工程

(c)、(d) が前記第3の活性領域上に第3の絶縁ゲー

トも形成し、前記工程 (f)、(g) が前記第3の活

性領域をマスクして行われる請求項6～8のいずれか1

項記載の半導体装置の製造方法。

【請求項10】 前記工程 (a) が、さらに第4の活性領域を形成し、さらに

(m) 前記第4の活性領域上に第4の絶縁ゲートを形成する工程と、

(n) 前記第4の活性領域にp型不純物を第5の深さまでイオン注入し、前記第4の絶縁ゲート下面に第4のエクステンション領域を形成する工程と、

(o) 前記第4の活性領域に砒素を第5の深さより深い第6の深さまでイオン注入する工程と、を含む請求項6～9のいずれか1項記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】 本発明は、半導体装置及びその製造方法に関し、特にショットチャネル効果を抑制するポケット領域を有する半導体装置およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体装置の微細化に伴い、トランジスタの閾値に対するショットチャネル効果が問題となる。その対策として、ポケット構造が提案されている。nチャネルMOSトランジスタにおいては、ゲート両端の下方向にポケット領域を設ける。ポケット領域形成のための不純物としてボロンが広く用いられている。最近、p型ポケット領域を形成する不純物としてインジウムも用いられてきている。

【0003】 ポケット領域形成用不純物として、インジウムを用いたnチャネルMOSトランジスタは、以下に挙げるような利点を有する。

【0004】 ショットチャネル効果の抑制能力が大き

い。

【0005】 トランジスタ駆動能力を向上することがで

きる。

【0006】 これらの利点は、インジウムの原子量 (115) がボロンの原子量 (11) より大きく、注入位置からの偏析、拡散を生じにくいことによりもたらされるものと考えられる。

【0007】 図5 (A) ～ (D) を参照して、従来の技術によるポケット領域を有する半導体装置の製造方法を説明する。

【0008】 図5 (A) に示すように、シリコン基板1の主表面上に第1分層領域2を形成する。図の構成においては、シリコン基板1表面に第1分層領域を形成し、第1分層領域を酸化シリコンなどの絶縁物で埋め込み、表面上に埋め込んだ余分の絶縁物を化学機械研磨 (CMP) 等により除去してショットレントレンチングイソレーション (STI) を形成している。

【0009】 なお、STIに代え、シリコン局所酸化 (LOCOS) による第1分層領域を形成してもよい。

【0010】 図5 (B) に示すように、第1分層領域2により、多数の活性領域が形成される。

以下、nチャネルMOSトランジスタを形成する活性領域を例にとって説明する。

【0010】 活性領域のシリコン基板表面に、ボロニオンを加速エネルギー300keV、ドーズ量3.0×10¹³cm⁻²程度で注入し、p型ウェル3を形成する。次に、ボロニオンを加速エネルギー30keV、ドーズ量5.0×10¹²cm⁻²程度で注入し、閾値を調整したチャネル領域を形成する。

【0011】 活性領域表面にゲート絶縁膜4を形成し、その上に多結晶シリコン、ポリサイド等のゲート電極層を形成する。ゲート電極層、ゲート絶縁膜をレジストマスクを用いてパターニングし、ゲート絶縁膜4を備えた絶縁ゲート電極5を形成する。

【0012】 図5 (B) に示すように、絶縁ゲート電極5をマスクとし、砒素イオンを加速エネルギー5keV、ドーズ量3.0×10¹⁵cm⁻²程度で注入し、浅いエクステンション領域6を形成する。

【0013】 図5 (C) に示すように、エクステンション領域6の下側にポケット領域7を形成する。例えば、インジウムイオンを加速エネルギー100keV、ドーズ量6.3×10¹³cm⁻²程度で基板法線から30度傾斜トさせた4方向から注入し、インジウム添加領域を形成する。

【0014】 図5 (D) に示すように、絶縁ゲート電極5を覆うように酸化シリコン等の絶縁層を堆積し、異方性エッチングを行なうことにより絶縁ゲート電極5の側壁上面のみ側壁スペーサ8を形成する。

【0015】 絶縁ゲート電極と側壁スペーサをマスクとし、n型不純物をイオン注入して深いソース/ドレイン領域9を形成する。例えば、隣イオンを加速エネルギー5keV、ドーズ量5.0×10¹⁵cm⁻²程度で注入する。深いソース/ドレイン領域9は、金属電極とのコンタクト形成のために利用される。また、ソース/ドレインの底層を低減するためにシリサイドを形成する場合には、金属とシリコンの化合物を形成する領域として利用される。

【0016】 イオン注入を終えた半導体基板に対し、ランプ加熱を行ない、不純物を活性化させる。例えば、1025℃、約3秒の熱処理をランプ加熱により行う。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】 ポケット領域を形成するためにインジウムを用いたnチャネルMOSトランジスタは、ショットチャネル効果を抑制し、駆動能力を向上する等の利点を有するが、接合リーク電流が増大してしまう。また、逆露チャネル効果により接合チャネルトランジスタのリーク電流も増大する。

【0018】 本発明の目的は、nチャネルMOSトランジスタのポケット領域をインジウムを用いて形成し、かつインジウムを用いたことによるリーク電流の増加を低減することのできる半導体装置を提供することである。

【0019】 本発明の他の目的は、ポケット領域形成のため、インジウムのイオン注入を採用し、かつインジウムを用いることによるリーク電流の増加を低減することのできる半導体装置の製造方法を提供することである。

【0020】

【課題を解決するための手段】 本発明の1観点によれば、主表面を有するシリコン基板と、前記シリコン基板の主表面に形成された第1分層領域によって画定された第1、第2活性領域と、前記第1の活性領域上に形成されたゲート絶縁膜を備えた第1の絶縁ゲートと、前記第1の絶縁ゲート下面の第1の活性領域に形成された第1のエクステンション領域と、前記第1の絶縁ゲートに整列して前記第1のエクステンション領域より深い位置で前記第1の活性領域内に形成され、第1の濃度のインジウムを添加した第1のポケット領域とを有する第1のnチャネルMOSトランジスタと、前記第2の活性領域上に形成され、ゲート絶縁膜を備えた第2の絶縁ゲートと、前記第2の絶縁ゲート下面の第2の活性領域内に形成され、第2の濃度のインジウムを添加した第2のポケット領域とを有する第2のnチャネルMOSトランジスタとを有する半導体装置が提供される。

【0021】 本発明の他の観点によれば、主表面を有するシリコン基板と、前記シリコン基板の主表面に形成された第1分層領域によって画定された第1、第2活性領域と、前記第1の活性領域上に形成され、ゲート絶縁膜を備えた第1の絶縁ゲートと、前記第1の絶縁ゲート下面の第1の活性領域内に形成され、第1の濃度のインジウムを添加した第1のポケット領域とを有し、前記第1の側壁スペーサ下方にアモルファス相の領域を含む第1のnチャネルMOSトランジスタと、前記第2の活性領域上に形成され、ゲート絶縁膜を備えた第2の絶縁ゲートと、前記第2の絶縁ゲート下面の第2の活性領域内に形成され、第2の濃度のインジウムを添加した第2のポケット領域とを有し、前記第2の側壁スペーサ下方に前記第1の側壁スペーサ下方よりアモルファス相の領域が少ない第2のnチャネルMOSトランジスタと、を有する半導体装置が提供される。

【0022】 本発明のさらに他の観点によれば、(a) 主表面を有するシリコン基板に第1分層領域を形成し、

第1、第2の活性領域を画定する工程と、(b) 第1、第2の活性領域上にゲート絶縁膜を形成する工程と、(c) 前記ゲート絶縁膜上に導電性ゲート電極層を形成する工程と、(d) 前記ゲート電極層、ゲート絶縁膜をパターニングして第1の活性領域上に第1の絶縁ゲート、第2の活性領域上に第2の絶縁ゲートを形成する工程と、(e) 前記第1、第2の活性領域にn型不純物を第1の深さまでイオン注入し、第1、第2の絶縁ゲート両側に第1、第2のエクステンション領域を形成する工程と、(f) 前記第2の活性領域をマスクして、前記第1の活性領域にインジウムを第1のドーズ量で第1の深さより深い第2の深さまでイオン注入する工程と、(g) 前記第1の活性領域をマスクして、前記第2の活性領域にインジウムを第1のドーズ量より低い第2のドーズ量で前記第1の深さより深い第3の深さまでイオン注入する工程とを含む半導体装置の製造方法が提供される。

【0023】 ポケット領域形成のための1nドーズ量を制限することにより、リーク電流の増加を抑制することができ、アモルファス相を抑制することができ、

【0024】 さらに、Bをドープすることにより、ショットチャネル効果抑制の効果が不足する分を補うことができる。

【0025】

【発明の実施の形態】 本発明の実施例の説明に先立ち、ポケット領域形成のためにインジウムを用いたnチャネルMOSトランジスタについて説明する。インジウムを用いてポケット領域を形成したnチャネルMOSトランジスタの接合リーク電流が増大することは、アモルファス相の残留との関連が示唆されている。

【0026】 イオン注入時に発生するアモルファス相は、イオン注入後の活性化熱処理において回復されている。近年、トランジスタの微細化に伴い、活性化熱処理のサーマルバジェットが低下している。このため、十分なアモルファス相の回復が出来なくなっている。インジウムを注入し接合リーク電流が増大したトランジスタにおいては、側壁スペーサ下部にアモルファス相が残留していることが指摘されている。

【0027】 インジウムの活性化はボロンに比べて低い。トランジスタ閾値電圧に用いられるインジウムのドーズ量当りの影響は、ボロンに比べて小さくなる傾向がある。同一のトランジスタ閾値を得るためには、ボロンよりもドーズ量を増やしたインジウムをドープする必要がある。ドーズ量を増やすことは、アモルファス相の形成を助長することになる。

【0028】 スタティックランダムアクセスメモリ (SRAM) 等のメモリーセルは、集積度向上のためロジック回路のトランジスタなどと較べ、狭いゲート幅のトランジスタを用いて形成される。

【0029】 ショートレントレンチングイソレーションを用い

た半導体デバイスにおいては、トランジスタのゲート幅が狭くなるに従い、閾値電圧が低下する。トランジスタのゲート幅が狭くなるに従い、閾値電圧が増大する。チャネル効果に対し、閾値電圧が低下する現象は逆チャネル効果と呼ばれる。p型ポッケット領域を形成するためにインジウムを用いたデバイスにおいては、ボロンを用いたデバイスに比べ逆チャネル効果がより顕著になる。閾値電圧が低下するため、リーク電流増大につながる。

【0030】図6は、本発明者が行ったサーマルウェーブの実験結果を示す。図5 (D) に示すようなnチャネルMOSトランジスタにおいて、ポッケット領域7を、種々のドーズ量のインジウムイオン注入により形成した。また、イオン注入後行なう活性化熱処理の条件を変化させた。

【0031】これらのサンプルに対し、ある周波数の熱波を与え、反射した熱波を測定することにより反折率を測定し、サーマルウェーブエフェクトを得る。半導体基板内にアモルファス領域があると、このアモルファス領域は熱波の反射を増大させる機能を有する。従って、熱波の反折率は、基板中にアモルファス相が形成していることを示唆する。サーマルウェーブエフェクトの増大は、アモルファス相の領域の増大を示唆する。

【0032】図6において、横軸はインジウムのドーズ量であり、縦軸はサーマルウェーブエフェクト (反折率) を示す。インジウムのドーズ量は、 $1.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 、 $2.0 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 、 $2.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 、 $3.0 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 、 $4.0 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ に変化する。熱処理条件は 1025°C 、 1025°C 、 20°C 、 1100°C 、 900°C 、 20°C の4条件で行った。【0033】 1025°C 、 20°C の熱処理を行ったサンプルの測定結果は曲線c1で示されている。 1025°C 、 20°C の熱処理を行ったサンプルの測定結果は曲線c2で示されている。曲線c1においては、インジウムドーズ量が $2.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ を越えると、サーマルウェーブエフェクトは徐々に増大する。約 $3.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ を越えるインジウムドーズ量では、低ドープ領域での変化のないサーマルウェーブエフェクトと比較し、約 20% 以上のサーマルウェーブエフェクトの増大が認められる。

【0034】 1025°C での熱処理時間を3秒から20秒に増加させると、曲線c2に示すように、サーマルウェーブエフェクトは1nドープ領域に拘わらず、ほぼ平坦な値を示す。1nのイオン注入により発生したアモルファス相は、ほぼ完全に結晶相に回復していると考えられる。しかしながら、この熱処理条件は微細デバイスに対し接合形状等他の点で与える影響が大きくなる。

【0035】熱処理温度を低減した 900°C 、 20°C の熱処理に対しては、曲線d1で示される特性が得られた。曲線d1においては、インジウムドーズ量が 2.0

$\times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ を越えると、サーマルウェーブエフェクトは明確な増大を示している。低ドーズ領域では平坦なサーマルウェーブエフェクトを基準として、インジウムドーズ量 $2.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ において、約 30% のサーマルウェーブエフェクトの増大が認められる。

【0036】熱処理温度を高くした 1100°C 、 3°C の熱処理に対しては、曲線d2で示される特性が得られた。曲線d2においては、インジウムドーズ量を増大してもサーマルウェーブエフェクトの増大は認められず、ほぼ平坦な特性が得られている。しかしながら、 1100°C 、 3°C の熱処理は、微細デバイスに対し、接合形状等他の点で与える影響が大きい。

【0037】図6に示す測定結果からは、熱処理を 1025°C 、 3°C の間で進行する場合、インジウムのドーズ量は約 $3.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 以下とすることがアモルファス相抑制の点から好ましいと判る。 900°C 、 20°C の熱処理を行なう場合は、インジウムドーズ量はさらに低く約 $2.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 以下とすることが望ましい。

【0038】以下、本発明の実施例について説明する。図1 (A) ~ 図2 (E) は、単一の半導体チップ上に1nドープポッケット領域を形成し、リーク電流の増加を許容する標準トランジスタと、1nを用いるが、リーク電流を低減した低リークトランジスタとを製造する方法の主要工程を示す半導体チップの断面図である。

【0039】図1 (A) に示すように、シリコン基板1の主表面上、ST1により素子分離領域2を形成する。素子分離領域2は、シリコン基板1主表面上に多数の活性領域ARを画定する。

【0040】pチャネル領域をレジスト等のマスクで覆い、nチャネル領域にB⁺イオンを加速エネルギー 300 keV 、ドーズ量 $3.0 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ でイオン注入し、p型ウェル3を形成する。さらに、表面部分にB⁺イオンを加速エネルギー 30 keV 、ドーズ量 $5.0 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ でイオン注入し、閾値を調整したチャネルを形成する。

【0041】pチャネル領域に対しては、nチャネル領域をレジスト等のマスクで覆い、別個のイオン注入を行う。

【0042】活性領域上に薄いゲート絶縁膜4、例えば厚さ約 $5 \sim 10 \text{ nm}$ の酸化シリコン膜を熱酸化などで形成し、その表面上に多結晶シリコン、ポリサイド等の導電性ゲート電極層を形成する。ゲート電極層上にレジストマスクPRを形成し、パターニングすることにより、絶縁ゲート電極5、ゲート絶縁膜4を形成する。その後、レジストマスクPRは除去する。

【0043】図1 (B) に示すように、絶縁ゲート電極5、ST1領域2をマスクとし、nチャネル領域の活性領域にA⁺イオンを加速エネルギー 5 keV 、ドーズ量 $3.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 程度でイオン注入し、深いソース/ドレインエクステンション領域6を形成する。

【0044】なお、このイオン注入の際、pチャネル領域はレジストマスクで覆って置く。pチャネル領域に対しては、nチャネル領域をレジスト等のマスクで覆って、別個のイオン注入を行う。

【0045】なお、以上の工程は、標準トランジスタ、低リークトランジスタに共通である。

【0046】図1 (C) は、左側に標準トランジスタ、右側に低リークトランジスタを示す。図に示すように、低リークトランジスタの活性領域をレジストマスクPR1で覆い、nチャネル標準トランジスタの活性領域に1n⁺イオンを加速エネルギー 100 keV 、ドーズ量 $6.3 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 程度でイオン注入し、深いエクステンション領域の下にポッケット領域7を形成する。その後レジストマスクPR1は除去する。

【0047】イオン注入の方向は、基板法線から約 30° 度傾斜した4方向から行なう。傾斜させる事により、絶縁ゲート電極下方に入り込んだp型ポッケット領域を形成する。

【0048】図2 (D) に示すように、標準トランジスタ領域をレジストマスクPR2で覆い、nチャネル低リークトランジスタの活性領域に対し、ポッケット領域形成のためのイオン注入を行なう。まず、1n⁺イオンを加速エネルギー 100 keV 、ドーズ量 $3.4 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 程度でイオン注入する。さらに、B⁺イオンを加速エネルギー 10 keV 、ドーズ量 $2.0 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 程度でイオン注入する。このイオン注入も、基板法線から 30° 度傾斜した4方向から行なう。

【0049】このように、低リークnチャネルMOSトランジスタのポッケット領域に対しては、1nのイオン注入を抑制し、アモルファス相の発生を抑制する。シャットチャネル効果抑制の効果が不足する分はBをイオン注入することによって補う。その後レジストマスクPR2は除去する。なお、図1 (C)、図2 (D) の工程は、nチャネルMOSトランジスタに対するものであり、pチャネルMOSトランジスタに対しては、別個のイオン注入を行なう。

【0050】図2 (E) に示すように、絶縁ゲート電極5を覆うように、酸化シリコン等の絶縁膜を堆積し、異方性エッチングを行なうことにより絶縁ゲート電極の側壁にのみ側壁スペーサ8を残す。

【0051】絶縁ゲート電極5、側壁スペーサ8をマスクとし、n型不純物、例えばP⁺イオンを加速エネルギー 15 keV 、ドーズ量 $5.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 程度でイオン注入し、深いソース/ドレイン領域9を作成する。深いソース/ドレイン領域9は、側壁スペーサの外側に形成されるため、側壁スペーサの下方には、エクステンション領域6、ポッケット領域7が残る。

【0052】図3 (A) ~ (C) は、pチャネル領域におけるpチャネルMOSトランジスタの製造工程を示す断面図である。

【0053】図3 (A) に示すように、シリコン基板1の主表面上に前述の工程によりST1の素子分離領域2を形成する。pチャネル活性領域に対し、n型不純物例えばP⁺イオンを加速エネルギー 600 keV 、ドーズ量 $3.0 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 程度でイオン注入し、n型ウェル13を形成する。さらに、P⁺イオンを加速エネルギー 80 keV 、ドーズ量 $2.0 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 程度でイオン注入し、閾値調整を行なったチャネルを形成する。

【0054】活性領域上に酸化シリコン等のゲート絶縁膜4を形成した後、多結晶シリコン、ポリサイド等のゲート電極層を形成し、パターニングすることによりゲート絶縁膜4を備えた絶縁ゲート電極15を形成する。なお、ゲート電極15に含まれる多結晶シリコン層は、p型にドーパされる。

【0055】図3 (B) に示すように、ゲート電極15、素子分離領域2をマスクとし、例えばB⁺イオンを加速エネルギー 1 keV 、ドーズ量 $3.0 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 程度でイオン注入し、深いソース/ドレインエクステンション領域16を形成する。

【0056】図3 (C) に示すように、A⁺イオンを加速エネルギー 80 keV 、ドーズ量 $3.0 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 程度でイオン注入し、ソース/ドレインエクステンション領域の下側にn型ポッケット領域17を形成する。なお、ポッケット領域形成のためのイオン注入は、基板法線に対し 30° 度傾斜した4方向から行なう。

【0057】図3 (D) に示すように、前述の工程により絶縁ゲート電極15側壁上に側壁スペーサ8を形成する。

【0058】その後、B⁺イオンを加速エネルギー 5 keV 、ドーズ量 $5.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 程度でイオン注入し、深いソース/ドレイン領域19を形成する。

【0059】A⁺で形成するポッケット領域には、1nで形成するポッケット領域のように、リーク電流発生等の問題が生じない。このため、標準トランジスタと低リークトランジスタを作り分けする必要はない。

【0060】図4 (A) ~ (C) は、入出力回路等に形成される高耐圧トランジスタの製造工程を示す。【0061】図4 (A) に示すように、前述の実施例同様の工程により、素子分離領域2が形成される。以下、nチャネルMOSトランジスタを製造する場合を例にとりて説明する。

【0062】B⁺イオンを加速エネルギー 300 keV 、ドーズ量 $3.0 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 程度でイオン注入し、p型ウェル23を形成する。さらに、B⁺イオンを加速エネルギー 30 keV 、ドーズ量 $7.0 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 程度でイオン注入し、チャネル領域を形成する。

【0063】活性領域上に薄いゲート絶縁膜14を形成し、その上にゲート電極層を形成する。厚いゲート絶縁膜は、所望の耐圧を得るようその厚さが調整される。例えば、活性領域表面の酸化工程を2段階に分け、その

中間段階において厚膜のゲート絶縁膜を形成する領域以外の酸化膜を除去する。このようにして、厚いゲート絶縁膜と薄いゲート絶縁膜を形成する。

【0064】ゲート電極層、ゲート絶縁膜をレジストマスクを用いてパターニングすることにより、ゲート電極25、ゲート絶縁膜14を形成する。

【0065】図4(B)に示すように、A⁺イオンを加速エネルギー10keV、ドーズ量3.0×10¹⁴cm⁻²程度でイオン注入し、ソース/ドレインエクステンション領域を形成する。

【0066】図4(C)に示すように、前述の実施例同様の工程により、ゲート電極25の厚さに調整スペーサ8を形成した後、例えばP⁺イオンを加速エネルギー15keV、ドーズ量5×10¹⁵cm⁻²程度でイオン注入し、深いソース/ドレイン領域29を形成する。

【0067】高圧トランジスタは、さほど微細化されず、ポCKET領域も設けられない。

【0068】図4(D)は、上述のような工程により形成される半導体チップの平面構成を概念的に示す。半導体チップ30は、入出力回路31、メモリ回路32、ロジック回路33を含む。入出力回路31は、図4(C)に示すような高圧トランジスタを含む。メモリ領域32は、例えばスタタックランダムアクセスメモリ(SRAM)で形成され、低リークnチャネルトランジスタを用いて形成される。ロジック回路33は、CMOS回路で構成され、メモリアルの低リークトランジスタよりゲート幅の広いnチャネル標準トランジスタと、ポCKET領域を備えたpチャネル標準トランジスタで形成される。

【0069】図7は、上述の実施例に倣って形成した標準トランジスタと低リークトランジスタのリーク特性を示す。図中横軸は、リーク電流を単位Aで示し、縦軸は累積故障率を示す。曲線rがポCKET領域を3.4×10¹³cm⁻²のインジウムと2.0×10¹³cm⁻²のボロンとのイオン注入で形成した低リークトランジスタの特性である。曲線sは、ポCKET領域を6.28×10¹³cm⁻²のインジウムのイオン注入で作成した標準トランジスタの特性である。

【0070】図8から明らかなように、リーク電流は1桁以上の大きな差を示している。I_{on}のドープ量を制限したことにより、リーク電流が大幅に減少していることが明らかである。I_{on}のドープ量を低減すると、アモルファス化される量が減少し、熱処理により満足できる程度まで結晶相に回復するものと考えられる。I_{on}のドープ量を一定値以上に増加させると、回復できないアモルファス領域が増加し、リーク電流を増大させるものと考えられる。

【0071】図8(A)～(C)は、閾値電圧のゲート長及びゲート幅依存性を示す。

【0072】図8(A)に示すように、活性領域AR上にゲート電極Gが形成されている場合、ゲート電極の幅

(電流方向の長さ)をゲート長とし、それと直交方向の活性領域の幅をゲート幅Wとする。

【0073】図8(B)は、トランジスタの閾値電圧V_{th}のゲート長依存性を示すグラフである。図中横軸はゲート長Lを単位μmで示し、縦軸はトランジスタの閾値V_{th}を単位Vで示す。ポCKET領域をI_{on}のみで形成した標準トランジスタと、ポCKET領域をI_{on}とBとの2層構造の不純物で形成した低リークトランジスタの特性が示されている。これら2種類のトランジスタの閾値は、ほぼ同等であり、低リークトランジスタが標準トランジスタとほぼ同様のショットキエ効果を抑制した特性を維持していることを示している。

【0074】図8(C)は、閾値のゲート幅依存性を示す。図中横軸はゲート幅Wを単位μmで示し、縦軸は閾値V_{th}を単位Vで示す。標準トランジスタの閾値V_{th}は、ゲート幅Wの減少と共に減少を続け、ほぼ0まで達している。これに対し、ポCKET領域をI_{on}とBとの層合により形成した低リークトランジスタV_{th}の閾値は、ゲート幅Wの減少(狭チャネル化)に対しても、有数の値を維持している。このように、低リークトランジスタにより逆チャネル効果の影響を低減したトランジスタが得られる。

【0075】SRAM等のメモリ回路は、集積度向上のため狭いゲート幅の、例えば0.05～0.5μmの、低リークトランジスタで形成される。ロジック回路はゲート幅がより広い、例えば1～10μmの、標準トランジスタを用いて形成される。

【0076】なお、p型不純物としてBを用いる場合、イオン種としてボロンの他BF₂、デカボラン等ポラン化合物を用いてもよい。論理回路を標準トランジスタで作る場合を説明したが、論理回路を標準トランジスタと低リークトランジスタとの組み合わせ、または、低リークトランジスタのみで作ることもできる。ゲートとしてノッチゲートを用いてもよい。

【0077】以上に実施例に倣って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば種々の変更、改良、組み合わせが可能な事は当業者に自明であろう。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、インジウムを用いてポCKET領域を形成し、その利点を維持したまま、インジウムを用いることによって生じるリーク電流増大を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例によるnチャネルMOSトランジスタを有する半導体装置の製造工程を示す断面図である。

【図2】本発明の実施例によるnチャネルMOSトランジスタを有する半導体装置の製造工程を示す断面図である。

【図3】pチャネルMOSトランジスタの製造工程を示す断面図である。

【図4】高圧トランジスタの製造工程を示す断面図及び半導体チップの平面図である。

【図5】従来の技術による半導体装置の製造工程を示す半導体チップの断面図である。

【図6】ポCKET領域をインジウムで形成した場合のサマルウェーブの測定結果を示すグラフである。

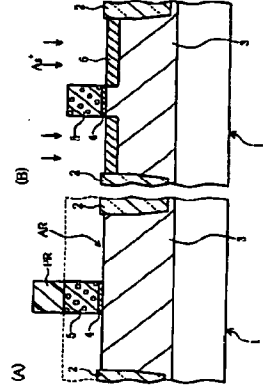
【図7】ポCKET領域をインジウムで形成した場合と、インジウムとボロンを混合して形成した場合のリーク電流特性を示すグラフである。

【図8】標準トランジスタと低リークトランジスタの閾値のゲート幅及びゲート長依存性を示すグラフである。

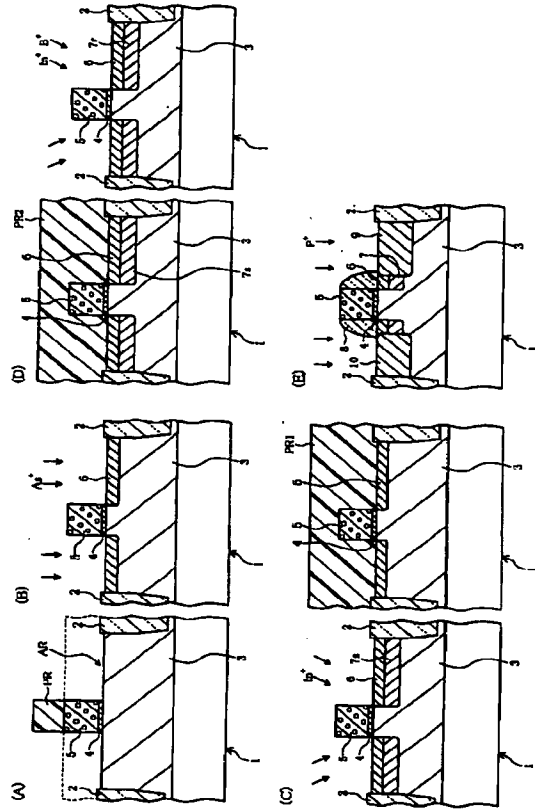
【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 2 素子分離領域
- 3 ウェル/チャネル領域

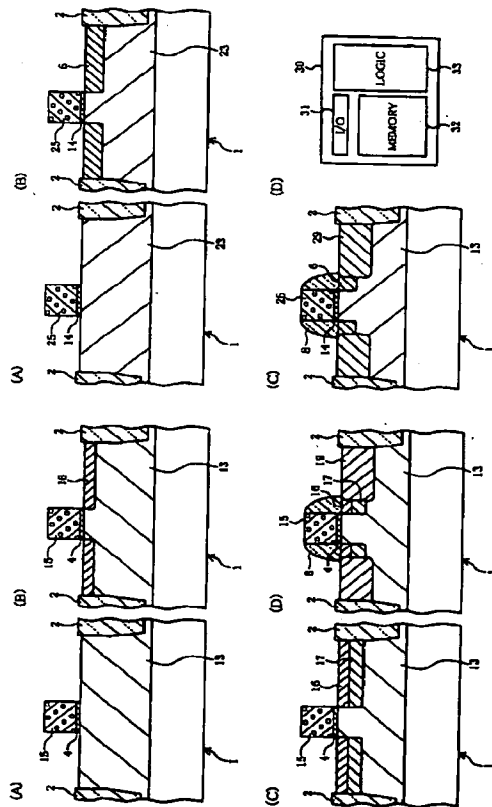
【図1】



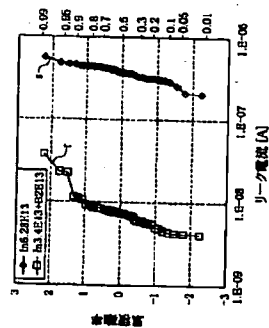
【図2】



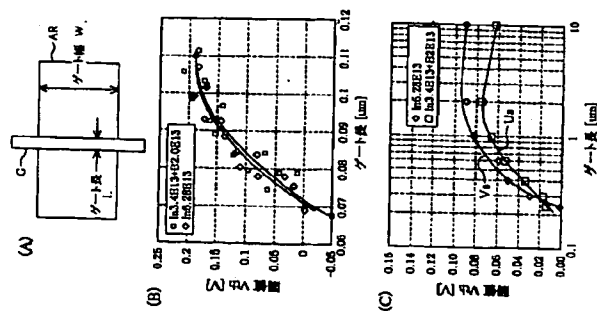
【図3】



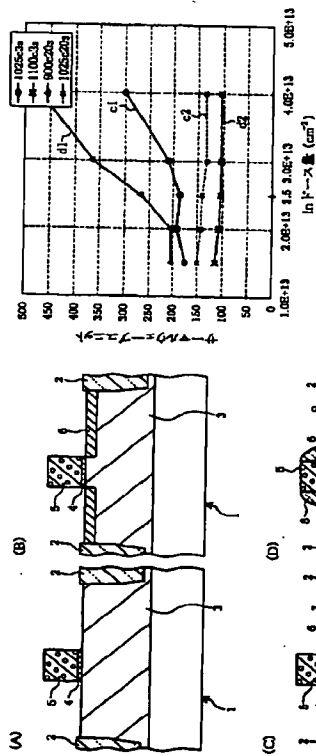
【図7】



【図8】



【図5】



【手続補正2】
 【提出日】平成13年11月7日(2001.11.7)
 【手続補正1】
 【補正対象書類名】明細書
 【補正方法】変更
 【補正内容】

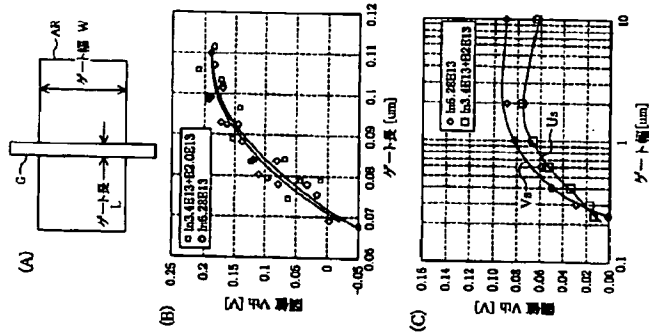
【請求項4】さらに、前記素子分離領域によって画定された第3の活性領域と、前記第3の絶縁ゲート面側の絶縁ゲートのゲート絶縁膜よりも厚いゲート絶縁膜を有する第3の絶縁ゲートと、前記第3の絶縁ゲート面側で第3の活性領域に形成され、ポケット領域を伴わない第3のエグステンション領域とを有する第3のnチャネルMOSトランジスタと、を有する請求項1～3のいずれか1項に記載の半導体装置。

【手続補正2】
 【提出日】平成13年11月7日(2001.11.7)
 【手続補正1】
 【補正対象書類名】明細書
 【補正方法】変更
 【補正内容】

【請求項4】さらに、p型半導体としてBを用いる場合、イオン種としてボロンの他BF₃、デカボラン等ボロン化合物を用いてもよい。論理回路を標準トランジスタで作る場合を説明したが、論理回路を標準トランジスタと低リークトランジスタとの組み合わせ、または、低リークトランジスタのみで作ることができる。ゲートとしてノッチゲートを用いてもよい。

【手続補正3】
 【補正対象書類名】図面
 【補正方法】変更
 【補正内容】

【図8】



【手続補正書】

【提出日】平成13年12月19日(2001.12.19)

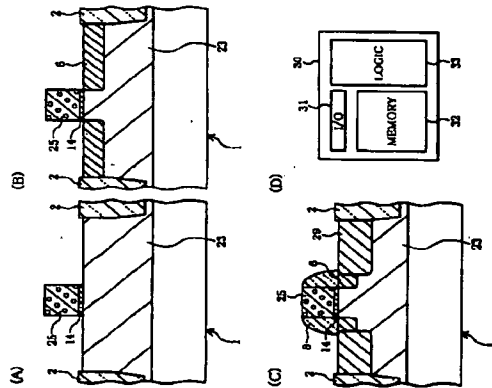
【手続補正1】

【補正対象事項名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【図4】



【手続補正2】

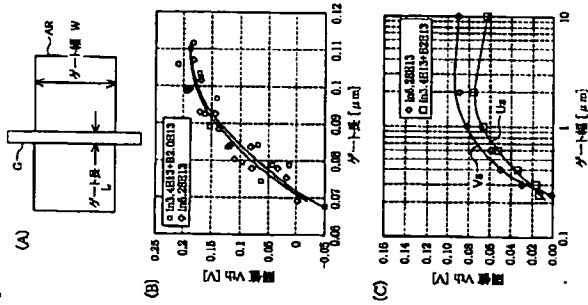
【補正対象事項名】図面

【補正対象項目名】図8

【補正方法】変更

【補正内容】

【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 岡部 堅一

愛知県春日井市高蔵寺町二丁目184番2号

富士通グイエルエスアイ株式会社内

(72)発明者 渡辺 孔

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番

1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 5F048 AA07 AA08 AB03 AC01 BA01

BB05 BB08 BB16 BB18 BC05

BC06 BD04 BC14

5F140 AA21 AA22 AA24 AB01 AB03

AC22 AC33 BA01 BB15 BC06

BE07 BF04 BF11 BF18 BC08

BC12 BC51 BC53 BH14 BH15

BH21 BH36 BK02 BK13 BK14

BK21 BK22 CB04 CB08